

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1936

N°

328

THÈSE

Pour le

DOCTORAT EN MÉDECINE
(Diplôme d'État)

par LAKATOS LADISLAS, né le 22 avril 1910 à Pancota
(Roumanie)

L'Ionisation dans le Glaucome



Président : F. TERRIEN.

Éditions JEL
16 Rue Ernest Cresson
PARIS

328

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1936

N°

THÈSE

Pour le

Doctorat de l'Université de Paris
(Mention médecine)

par LAKATOS LADISLAS, né le 22 avril 1910 à Pancota
(Roumanie)

L'Ionisation dans le Glaucome



Président : F. TERRIEN.

Éditions JEL
16 Rue Ernest Cresson
PARIS

I. — PROFESSEURS

	MM
Anatomie	ROUVIERE
Physiologie	Léon BINET
Physique médicale	STROHL
Chimie médicale	DESGREZ
Bactériologie	Robert DEBRE
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT
Pathologie médicale et générale	BAUDOUIN
Pathologie chirurgicale	CHEVASSU
Anatomie pathologique	ROUSSY
Histologie	CHAMPY
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU
Thérapeutique	HARVIER
Hygiène et médecine préventive	TANON
Médecine légale	BALTHAZARD
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LAIGNEL-LAVASTINE
Pathologie expérimentale et comparée	FIESSINGER
Hydrologie thérapeutique et climatologie	Maurice VILLARET
Clinique médicale	LOEPER
—	CARNOT
—	CLERC
—	Marcel LABBE
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBOULLET
Clinique des maladies des enfants	NOBECOURT
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	H. CLAUDE
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT
Clinique des maaldies du système nerveux	GUILLAIN
Clinique des maladies infectieuses	LEMIERRE
Clinique chirurgicale	CUNEO
—	GOSSET
—	GREGOIRE
—	LENORMANT
Clinique ophtalmologique	TERRIEN
Clinique urologique	MARION
Clinique d'accouchements	BRINDEAU
—	COUVELAIRE
—	JEANNIN
Clinique gynécologique	N...
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBREDANNE
Clinique thérapeutique médicale	RATHERY
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE
Clinique thérapeutique chirurgicale	Pierre DUVAL
Clinique propédeutique	SERGEANT
Clinique de la Tuberculose	BEZANÇON
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	MATHIEU
Professeurs sans chaire	HOVELACQUE
—	MOCQUOT
—	MULON
—	OLIVIER
—	VERNE



II. — AGREGES EN EXERCICE

MM.

BERNARD (Etienne). Pathologie médicale.
 BENARD (Henri) .. Pathologie médicale
 BESANÇON (Justin) Hydrologie
 BOULIN Pathologie médicale
 BULLIARD Histologie
 CATHALA Pathologie médicale
 CHEVALLIER Pathologie médicale
 DOGNON Physique
 FEY Urologie
 GALLIARD Parasitologie
 GASTINEL Bactériologie
 DE GAUDART D'ALLAINES. Pathologie chirurgicale.
 GAYET Physiologie
 GIROUD Histologie
 HAGUENAU Pathologie médicale
 HALPHEN Oto-rhino-laryngologie
 HAZARD Pharmacologie
 HUGUENIN Anatomie pathologique
 JOANNON Hygiène
 LABBE (Henri) Chimie biologique
 LACOMME Obstétrique

MM.

LANTUEJOUL Obstétrique
 LAROCHE (Guy) .. Pathologie médicale
 LEMAIRE..... Pathologie expérimentale
 LEVEUF Pathologie chirurgicale
 Mlle J. LEVY Pharmacologie
 LEVY-VALENSI. Neurologie et Psychiatrie.
 MOREAU Pathologie médicale
 MOULONGUET. Pathologie chirurgicale
 MOUQUIN Pathologie médicale
 OBERLING Anatomie pathologique
 PETIT-DUTAILLIS. Pathologie chirurgicale.
 PIEDELIEVRE Médecine légale
 PORTES Obstétrique
 RICHET Physiologie
 SANNIE Chimie biologique
 SENEQUE Pathologie chirurgicale
 TROISIER Pathologie expérimentale
 TURPIN Pathologie médicale
 VIGNES Obstétrique
 WILMOTH Pathologie chirurgicale

III. — AGREGES RAPPELES A L'EXERCICE pour le service des examens

MM.

ALGLAVE Pathologie chirurgicale
 BUSQUET Pharmacologie
 CHAILLEY-BERT Physiologie

MM.

LEROUX Anatomie pathologique
 NEVEU-LEMAIRE Parasitologie

IV. — AGREGES CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE à titre permanent

	MM.		MM.
Clinique médicale..	ABRAMI.	Clinique chirurgicale..	BASSET.
— ...	ALAJOUANINE.	— ...	BROCC.
— ...	AUBERTIN.	— ...	CADENAT.
— ...	BRULE.	— ...	GATELLIER.
— ...	CHABROL.	— ...	HEITZ-BOYER.
— ...	CHIRAY.	— ...	MOURE.
— ...	DONZELOT.	— ...	QUENU.
— ...	DUVOIR.	— ...	SCHWARTZ.
— ...	LIAN.	— ...	VELTER.
— ...	PASTEUR - VAL-		MM.
— ...	LEREY-RADOT.	Clinique obstétricale..	ECALLE.
— ...	SEZARY.	— ...	GUENIOT.
		— ...	LE LORIER.
		— ...	LEVY-SOLAL.
		— ...	METZGER.

V. — CHARGES DE COURS

M.	
CHAILLEY-BERT, agrégé	Education physique
LEDoux-LEBARD	Radiologie clinique
WEIL-HALLE	Puériculture

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucun approbation ni improbation.

A MES PARENTS

A mon Président de Thèse :

MONSIEUR LE PROFESSEUR F. TERRIEN,
Professeur de Clinique Ophtalmologique à la Faculté
de Médecine de Paris

Officier de la Légion d'honneur

*Qui m'a fait le grand honneur d'ac-
cepter la présidence de cette thèse.*

*Qu'il veuille trouver ici l'expression
de ma profonde admiration.*

AU DOCTEUR A. CANTONNET

Ophtalmologiste de l'Hôpital Laënnec

Officier de la Légion d'honneur

*Qui a bien voulu me conseiller dans
le sujet de ma thèse.*

Avec ma profonde reconnaissance.

INTRODUCTION

A l'enthousiasme qui a suivi les publications de Leduc sur l'ionisation a succédé rapidement une indifférence presque complète. Sauf quelques rares auteurs qui publient de temps en temps les résultats de cette méthode, personne n'en parle plus.

Depuis le temps où on appliquait sur la cornée cocaïnisée un tampon d'électrode imbibé d'une solution médicamenteuse, l'ionisation oculaire a subi des perfectionnements successifs. Le tube de verre rempli d'électrolyte médicamenteuse, appliqué sous les paupières, en contact avec les culs-de-sac conjonctivaux sensibles, a été employé pour la première fois par Birkhauser. Le seul inconvénient de cette méthode consistait dans la nécessité de recourir à la cocaïne pour supprimer la sensibilité des surfaces oculaires, dont l'existence est pourtant très utile, même indispensable pour le dosage du courant électrique. Un peu plus tard, Cantonnet arrive à supprimer la cocaïnisation en utilisant une électrode-œillère, qui s'applique sur les paupières à la manière d'un bain d'œil banal.

Tout en reconnaissant que l'indication princeps de l'ionisation s'impose dans les affections superficielles de l'œil (ulcères de la cornée, kératites, sclérites), nous avons jugé faire œuvre utile en attirant l'attention sur les bons résultats que nous avons obtenu dans les cas d'affections glaucomateuses.

L'interprétation de l'action de l'ionothérapie sur ces délabrements profonds des membranes et milieux oculaires soulève tout le problème physico-chimique du globe. Problème encore à l'étude et loin d'être complètement élucidé.

Considérant nos résultats, nous sommes persuadé que l'ionisation, par la rapidité avec laquelle elle amène le

soulagement des douleurs, par la constance de son action, et par son innocuité absolue, est appelée à occuper dans la thérapeutique oculaire une place beaucoup plus importante que celle qu'elle a trouvée jusqu'ici. Et c'est avec regret que nous pouvons constater que les prévisions de Cantonnet : « Avant dix ans, tous les oculistes feront de l'ionisation » (« L'ionisation de l'œil », 1927) n'ont pas été réalisées.

L'IONISATION

Nous n'avons pas la prétention d'exposer toutes les théories de l'ionisation, nous rappellerons seulement très sommairement les bases nécessaires pour comprendre son mode d'emploi et ses effets.

Le nom d' « ionisation » donné par Leduc à toute une méthode thérapeutique est assez mal choisi, et c'est par sa brièveté qu'il a eu du succès. On s'est efforcé de le remplacer par des termes plus exacts, comme « ionothérapie » qui n'est pas une expression très heureuse non plus, ou comme l' « électrolyse médicamenteuse », la « diélectrolyse » (Broudel) qui sont, par contre, des termes assez au point.

L'ionisation signifie primitivement une modification subie par un gaz, laquelle le rend apte à conduire le courant électrique, sous l'influence dissociante des rayons X. Cette modification consiste dans le fait que des molécules gazeuses électriquement neutres se détachent des électrons qui vont se fixer sur d'autres molécules neutres. Par perte d'un électron, les premières deviennent des ions positifs ou cations ; par gain d'un électron, les secondes des ions négatifs ou anions. Ces ions sont attirés par des charges de signe contraire et repoussés par des charges de même signe. Dans un champ électrique, ils obéissent à l'attraction électrostatique et vont se décharger aux électrodes.

Selon la loi d'Arrhenius, dans les solutions électrolytiques, une partie des molécules dissoutes subit une dissociation analogue, qui, contrairement aux gaz, se produit spontanément, sans intervention des rayons X. Cette dissociation, ou ionisation des molécules de différentes substances électrolytiques, a une importance fondamentale dans toute action thérapeutique orale ou parentérale, et

Morisot a justement ajouté au vieil adage « corpora non agunt nisi soluta », une modification : « soluta non agunt nisi dissociata ».

On considère les sels comme formés d'un radical acide R, et d'un radical métallique M ; les acides comme des sels dont le radical métallique est l'hydrogène (RH) ; les bases comme des sels dont le radical acide est l'oxhydrile OH (ROH).

Le radical R, ou l'oxhydrile OH, est attiré vers l'anode, le métal M, ou l'hydrogène, ou un alcaloïde, qui peut le remplacer, se dirige vers la cathode, d'où les premiers sont nommés anions, les seconds cathions.

Les ions ainsi libérés ne se manifestent pas par les caractères habituels des corps auxquels ils appartiennent, ils n'ont ni leurs propriétés chimiques, ni leurs propriétés physiques. Mais, dans les applications ionothérapiques, en traversant des milieux divers et en rencontrant des charges électriques sur d'autres ions, sur des micelles colloïdaux, et sur les membranes cellulaires, ils peuvent perdre leurs charges, récupérer leurs affinités chimiques, et s'ils forment une combinaison insoluble, ils cesseront désormais d'obéir aux influences du champ électrique.

Le phénomène d'électrolyse des solutions salines est employé en thérapeutique sous le nom d'**ionisation**, pour introduire certains ions médicamenteux à travers des membranes intactes, par l'action propulsive d'un champ électrique.

Les expériences qui prouvent la réalité de la pénétration ionique dans l'organisme sont nombreuses et ont été maintes fois contrôlées. Pour ne citer d'autres que celles qui sont classiques et bien connues, notons l'intoxication du lapin par introduction électrolytique des ions de strychnine à travers la peau. Expérience faite pour la première fois par Munck, reprise et perfectionnée par Leduc. L'expérience d'Ench est très saisissante aussi : les pattes antérieures d'une grenouille plongent dans un récipient conte-

nant de l'iodure de potassium, ses pattes postérieures dans un autre récipient rempli d'eau. On relie le pôle négatif au premier et le pôle positif au second récipient, on fait passer le courant et, dans un certain temps, on constate que la pomme de terre employée comme reactif dans le second récipient bleuit par les ions d'iode qui ont traversé la grenouille.

Baro a démontré le passage des ions à travers la cornée. La pénétration d'iode dans la chambre antérieure a été prouvée expérimentalement par Birkhauser.

Plus récemment, Cross a observé la progression des ions à poids moléculaire élevé à travers les tissus à l'aide de photographies aux rayons X.

La vitesse de pénétration des ions est très lente. Le mouvement total de la chaîne des ions a une vitesse de 300.000 kilomètres par seconde, mais pendant ce temps, les parties constituantes de cette chaîne, c'est-à-dire les ions, se déplacent très peu. Cette vitesse de pénétration dépend du volume des ions : plus un ion est petit, plus vite il s'avance ; mais elle dépend aussi de la différence de potentiel et de l'intensité du courant. La quantité de substances introduites varie surtout selon l'équivalent électrochimique, qui est le poids de chaque substance, transporte par un coulomb, et qui correspond au poids atomique pour les corps monovalents, à la moitié ou au tiers, etc., du poids atomique, pour les corps bivalents, trivalents ou polyvalents.

Si les ions de gros calibre sont mélangés à des ions plus petits, le courant électrique emportera toujours de préférence les plus petits, qui sont plus mobiles et plus rapides. C'est un fait d'une très grande importance dans la pratique, car il rend les ions parasites inevitables. Malgré toutes les précautions prises, le chlorure de sodium sécrété par les glandes sudoripares et lacrymales gêne toujours la pénétration des ions plus volumineux.

Lorenz et Born ont démontré que l'ion est lié par des forces électriques à un certain nombre de molécules du

solvant. Le nombre de ces molécules varie certainement d'un ion à l'autre. Les ions monovalents de la série des métaux alcalins ont un pouvoir adsorbant particulier vis-à-vis de l'eau. Ce phénomène explique mieux l'hydratation tissulaire au voisinage de la cathode, que la cataphorèse. L'accumulation d'ions hydrophiles de sodium à la cathode suffit pour produire l'imbibition aqueuse des tissus.

Puisque le courant porte certains ions d'une électrode vers l'autre, ou mieux, puisque le courant passe par l'électrolyte grâce au déplacement des ions, cela ne signifie pas qu'un ion partant d'une électrode arrive fatalement et inévitablement à l'autre électrode. La chaîne constituée d'ions médicamenteux se continue dans le corps par des ions de l'organisme. Si l'ion médicamenteux est trop volumineux, il reste souvent au dehors, et le courant est véhiculé uniquement par les ions plus petits des tissus, comme l'ion chlore et l'ion sodium.

Le revêtement cutané oppose une grosse résistance à l'entrée des ions dans l'organisme. En oculistique, ce facteur est éliminé, étant donné la résistance très faible de la cornée, par rapport à celle de la peau. Malgré tout, même au niveau de la cornée, il se fait une chute de potentiel remarquable et, pour cela, les ions qui l'ont traversée prennent une allure très lente. De même ils subissent un ralentissement par la diffusion du courant qui, en s'éloignant des électrodes, s'étale, d'où diminution de l'intensité. La présence du réseau vasculaire dans les tissus empêche aussi la progression des ions. Donc on ne peut pas comme on veut envoyer un ion par le courant à un organe donné, si celui-ci est tant soit peu profond.

Pour ce qui concerne l'intensité à utiliser, presque tout le monde est d'accord que de faibles intensités, surtout en oculistique, donnent toute satisfaction. Les ampérages élevés sont à éviter à cause de la gêne qu'ils provoquent.

La théorie de Bourguignon supposant que si le courant est très intense, le nombre considérable d'ions trans-

porté dans un temps donné, en obstruant les espaces inter-cellulaires et canaux glandulaires, empêche la pénétration du courant, est très peu vraisemblable, si on admet que les dimensions des divers atomes sont de l'ordre du millionième de millimètre.

Les médicaments introduits par ionisation sont plus lents à pénétrer dans l'organisme que ceux qu'on administre par voie digestive ou hypodermique. Ils s'éliminent aussi plus lentement, et c'est là l'intérêt de la méthode. Si on introduit de l'iode par ionisation, un temps beaucoup plus long s'écoule avant que l'élimination par les urines soit possible, que dans le cas où la drogue a été absorbée par la bouche.

Cross donne de ce retard d'élimination une explication ingénieuse : « Les ions pénètrent sans difficulté à travers les parois cellulaires, quoique ces parois soient naturellement imperméables à un haut degré à la même substance, qui serait introduite parmi les cellules par injection hypodermique, par exemple. Le médicament ioniquement introduit est retenu dans la substance cellulaire après que le courant cesse d'affluer, et il arrive à trouver autant de difficultés pour sortir, qu'il en aurait eu à entrer par n'importe quel moyen chimique dépendant d'un échange osmotique. »

Donc l'introduction électrolytique permet d'emmagasiner en un point un médicament, qui s'éliminera ensuite très lentement et aura une action locale continue.

Enfin, il ne faut pas considérer le courant lui-même comme un facteur sans importance, comme un véhicule simple, ou une sorte d'excipient, privé de toute action propre. L'effet du courant, quelle que soit la solution employée, n'est pas négligeable. Dans l'action sur les organes profonds, le principal rôle revient au passage du courant. Indifféremment des ions utilisés, les effets physiologiques au pôle positif sont calmants, atrophiques et transformateurs ; les actions au pôle négatif sont irri-

tantes, hypertrophiques, hémophiliques et destructrices.

On peut conclure qu'à côté de la mobilisation des ions de l'organisme par le passage du courant, l'ionisation permet d'amener à une certaine profondeur différentes substances actives, qui restent en réserve au voisinage ou dans l'intérieur de l'organe malade, et agissent avec lenteur et continuité, par diffusion. Les doses ainsi utilisées sont infiniment plus petites, que celles qui sont en usage dans l'administration orale ou autre. Mais cette petitesse n'est qu'apparente, si on envisage que l'agent médicamenteux a été amené directement sur place, les causes de perte dues à la voie détournée de l'apport par la circulation générale étant par conséquent supprimées.

LE GLAUCOME

Affection oculaire beaucoup trop complexe, ayant comme élément clinique presque constant l'hypertension du globe oculaire. Dans les cas exceptionnels, où l'hypertension paraît manquer à côté des autres manifestations glaucomateuses incontestables, on peut supposer, ou bien une hypertension relative chez un sujet ayant à l'état normal une tension oculaire plus faible que l'habituelle, ou bien une diminution de résistance au niveau de la lame criblée, qui se laisse déprimer par le tonus normal.

Cette hypertension est le facteur de troubles le plus redoutable, elle est l'élément responsable dans la production de la plupart des symptômes de cette maladie. Sa pathogénie est difficile à élucider, et l'on en est réduit à n'émettre que des théories.

Suivant l'aspect évolutif, on a l'habitude de distinguer :

— **Une forme aiguë**, avec prédominance des troubles œdémateux du vitré ;

— **Une forme chronique**, due surtout à des troubles osmotiques ;

— **Une forme absolue**, liée à un blocage des voies d'excrétion.

· THÉORIES SUR LA PATHOGENIE

Les hypothèses multiples et variées émises jusqu'ici sur la pathogénie du glaucome contiennent toutes une partie de vérité, mais aucune ne donne un éclaircissement suffisant et complet. En réalité, il est très possible que la complexité de la genèse du glaucome ne pourra jamais être expliquée par une seule théorie, et que cette affection est sous la dépendance de toute une série de facteurs pathologiques.

Notre sujet nous oblige à insister plus longuement,

après un court rappel des diverses théories, sur celles qui résultent des études physico-chimiques des liquides intraoculaires.

Théories de l'hypersécrétion

1. Hypersécrétion inflammatoire, exsudative, par choroïdite séreuse (Graefe).

2. Hypersécrétion due à une névrose sécrétoire, par irritation du trijumeau (Donders) ou du sympathique (Abadie).

3. Hypersécrétion par congestion passive, due à une gêne circulatoire dans les veines vorticellées.

Théories de la rétention

1. Rétention antérieure par oblitération de l'angle de filtration irido-cornéen (Knies), soit par soudure de la racine de l'iris à la sclérotique, soit par propulsion de la racine de l'iris par le gonflement des procès ciliaires.

2. Rétention postérieure, par oblitération des voies de filtration péripapillaires (Stilling).

Théories vasculaires

1. Dilatation vasculaire de la choroïde, véritable érection choroïdienne.

2. Artério-sclérose des vaisseaux choroïdiens et rétiens, provoquant l'œdème du vitré.

Théories basées sur le terrain

On a beaucoup cherché à démontrer le rôle de la syphilis, de l'artério-sclérose, des troubles endocriniens, de l'hypertension artérielle, de l'instabilité vago-sympathique dans le déterminisme du glaucome.

Théories basées sur la physico-chimie

Les variations d'ordre physico-chimique des liquides intraoculaires donnant lieu à des phénomènes de gonflement ou de dégonflement, ont une influence primordiale sur l'état tensionnel du globe oculaire. L'importance des échanges osmotiques et des modifications du pH, quoique encore non complètement élucidés, est considérable dans l'apparition et l'évolution du glaucome.

Diverses recherches ont été faites pour jeter un peu

de lumière sur les conditions physico-chimiques des yeux sains et glaucomateux qui, malgré des résultats parfois contradictoires, ont utilement contribué à la solution du problème.

Cantonnet considère les liquides intra-oculaires comme lymphes et la cavité oculaire comme une dépendance du système lymphatique, avec cependant des moyens de défense supérieurs à ceux des fentes lymphatiques interstitielles, mais obéissant aux mêmes lois de physiologie générale, et soumis à des perturbations des échanges osmotiques liées à des variations pathologiques de la concentration moléculaire du sang, et à des lésions des membranes qui président à ces échanges.

La pression osmotique et l'équilibre de Donnan, qui s'établissent à travers la paroi vasculaire, contribuent incontestablement à régler la quantité d'eau contenue à l'intérieur du globe.

Plus récemment, entre autres expérimentateurs, Redslob et Reiss sont arrivés à des constatations remarquables sur les propriétés physico-chimiques du vitré. Par des expériences sur des globes énuclés de bœufs, puis sur des yeux de lapins vivants, ils ont abouti à des conclusions fort intéressantes : « 1° Dans l'œil normal, le maximum de gonflement n'est pas atteint ; 2° La moindre variation de pH amène une modification notable du tonus oculaire. » Plus exactement, à une variation de 0,1 de pH correspond une variation de volume de 0,2 cc., sur un volume total de vitré de 18 cc. Il résulte de ces chiffres que les modifications du pH dans l'hypertension oculaire puissent être suffisamment faibles pour avoir pu échapper à certains auteurs.

En injectant une solution d'acide dans le vitré de lapins vivants, c'est-à-dire en diminuant le pH, Redslob et Reiss ont obtenu une hypotension du globe, qui commençait à se manifester trente minutes après l'injection, pour persister pendant deux à trois semaines. L'injection de solutions alcalines donnait des effets moins nets, et ils

n'ont pu obtenir par ce procédé tous les symptômes du glaucome, que dans un seul cas.

Par contre Mawas, après mesure du pH dans vingt-deux cas de glaucome, est arrivé à une conclusion diamétralement opposée, en trouvant comme règle générale un abaissement du pH de l'humeur aqueuse dans les yeux hypertendus. Ce résultat paraissait confirmer les constatations de Fischer, qui a observé un durcissement, parfois même l'éclatement des globes de moutons placés dans une solution d'acide chlorhydrique. Mais ce dernier phénomène est lié probablement à un épaississement de la coque fibreuse du globe et non à un gonflement du vitré.

Ce qui paraît être évident, c'est que les milieux intra-oculaires peuvent être considérés comme des colloïdes, soumis absolument aux lois de physico-chimie. L'humeur aqueuse peut être comparée à un sel très dilué, le vitré à un gel, le cristallin à une gelée. Tous ces trois composants de l'intérieur du noyau oculaire peuvent contribuer, par leur gonflement ou leur dégonflement, à la variation de la tension de l'œil. Dans cette variation, le vitré a le rôle dominant, les modifications du cristallin sont pratiquement négligeables.

A côté de l'importance du pH, Redslob a attiré l'attention sur le rôle du point isoélectrique du vitré. Le colloïde du vitré est constitué de substances protéiques, ayant un radical R complexe, auquel sont liés des ions H et OH. Dans un milieu acide, à pH faible, les ions OH quittent le radical, et ce dernier, uni à l'ion H, se comporte comme un cation (RH). Inversement, dans un milieu alcalin à pH élevé, les ions H se libèrent, et le radical uni à l'ion OH, se comporte comme un anion (ROH). Pour cette raison, on nomme ces colloïdes électrolytiques ampholytes.

Dans l'échelle du pH, il existe un point intermédiaire, où les dissociations des deux valences sont égales, la solution est électriquement neutre, et il y a un minimum de dissociation ; c'est le point isoélectrique, qui correspond en plus à un minimum de gonflement des gels (loi

de Loeb), à un maximum de floculation, à un minimum de stabilité, à un minimum de viscosité, aux valeurs extrêmes du pouvoir rotatoire, et à un maximum de tension superficielle.

Etant donné que l'humeur aqueuse, comme toutes les humeurs de l'organisme, constitue une solution tampon, son pH est relativement fixe. Donc la mesure de ce pH exprime très infidèlement les variations du point iso-électrique du vitré, et il peut arriver que ce point se décale à un pH fixe de l'humeur aqueuse, c'est-à-dire qu'il peut s'établir un gonflement ou un dégonflement du vitré sans variations du pH de l'humeur aqueuse.

Partant d'une telle conception, malgré quelques résultats contradictoires montrant un pH normal, ou même abaissé de l'humeur aqueuse dans le glaucome, Redslob considère que l'hypertension oculaire correspond à l'alcalinité et l'hypotension à l'acidité, ou du moins à une baisse de la réserve alcaline du sang.

Meesemann a démontré, par des courbes résultant de ses expériences, que le tonus augmente en fonction du pH, c'est-à-dire que plus le pH est élevé, plus l'œil est dur, et inversement.

Baumann a constaté que le point iso-électrique du vitré correspond à une acidité de N/50 HCl, ou à un pH de 4,4. Cela signifie que le vitré présente le minimum de gonflement à un pH de 4,4, et que le maximum de gonflement se place dans la région alcaline. Le pH du vitré normal étant aux environs de 7,2-7,4, il est naturel de penser qu'en abaissant d'une manière appropriée le point isoélectrique, on arriverait à faire dégonfler le vitré, et à faire baisser la tension oculaire.

L'IONISATION DANS LE GLAUCOME

L'œil constitue un terrain très favorable, on pourrait dire idéal, pour l'introduction électrolytique des substances pharmacodynamiques. Sa petite dimension, la faible résistance de la cornée, la conductibilité des milieux chlorurés intra-oculaires, constituent une zone électrolytique particulièrement apte à la thérapeutique ionique.

Dans l'action de cette thérapeutique, il faut distinguer l'effet du courant seul, et l'effet de l'ion introduit, qui est, dans notre cas, l'ion calcium. Mais actuellement, — il faut l'avouer, — on ne peut pas déterminer exactement la part qui revient au courant, et celle qui revient aux ions médicamenteux. Un peu schématiquement, on peut, malgré tout, établir la distinction suivante :

Le pôle positif que nous placerons au contact du globe oculaire, joue par son action déplétive, sédative, décongestionnante. Le passage du courant impressionne favorablement les divers centres d'innervation de l'œil (trijumeau, sympathique), le plexus ciliaire et les cellules rétinienne. L'osmose électrique signalée par Morax et Piraud dans leurs recherches expérimentales sur les variations de la tension oculaire, entre aussi vraisemblablement en jeu dans la diminution de tension, par la mobilisation des ions qui se trouvent à l'intérieur du globe. La longue expérience de Cantonnet montre que le courant a toujours une action déplétive et pour cette raison, il proscriit l'ionisation dans les cas d'hypotension oculaire (décollement de la rétine par exemple).

L'ion calcium est un agent de dégonflement, son action déplétive est bien connue, d'où son emploi très large dans toutes sortes d'œdèmes. Son pouvoir sédatif a été maintes fois mis en évidence, et les résultats obtenus par

Bourguignon dans les hémiplegies et contractures douloureuses avec l'ionisation transcérébrale, sont démonstratifs.

De plus, l'ion calcium est acidifiant, donc abaisse le pH des colloïdes intra-oculaires, les ramène vers leur point isoélectrique, point correspondant à un minimum de gonflement.

Par conséquent, l'ionisation, par son action double due au courant et à l'ion calcium, permet d'obtenir une diminution de la tension oculaire, amène une sédation des phénomènes douloureux, diminue la congestion, améliore l'acuité visuelle.

Elle trouve ses indications dans les états hypertensifs du globe, où l'intervention opératoire n'est pas formellement indiquée, ou lorsque le malade la refuse. De même avant l'intervention, elle amène des conditions opératoires plus favorables, après l'acte chirurgical, elle contribue très utilement au rétablissement et à la consolidation de la statique oculaire normale.

Son emploi nous paraît particulièrement utile dans les cas de glaucome absolu, où très souvent l'ionisation supprime la douleur, met l'œil définitivement au repos et évite ainsi l'énucléation.

Bien entendu, l'administration de la pilocarpine ne doit pas être négligée, et le régime déchloruré et décholestériné sont très utiles aussi.

On pourrait dire, dans le sens contraire, que la pilocarpine est déjà une arme bien puissante contre l'hypertension et que son administration parallèle à l'ionisation peut troubler la détermination du rôle curateur de celle-ci. Mais dans les cas où l'ionisation est associée, les résultats sont de beaucoup supérieurs et permanents, et, ce qui est le plus démonstratif, c'est la constatation presque constante d'un abaissement de tension oculaire de 5, 10, 15 mm. de mercure après ionisation, par rapport à ce qu'on a trouvé immédiatement avant la séance.

METHODE D'APPLICATION

Le procédé que nous avons suivi à l'hôpital Laënnec consiste dans l'application de l'électrode-œillère du docteur Cantonnet. Cette œillère est constituée par un tube tenu à la main par le patient, tube ouvert par en haut pour l'introduction de l'électrolyte, et par où peuvent s'échapper aussi les bulles d'air et des bulles de gaz électrolytiques. Une tubulure latérale est munie d'une œillère qui s'applique intimement au pourtour de l'œil ionisé, en avant des paupières. Par une autre tubulure plus basse située arrive le courant à travers une électrode de charbon. Une plaque à la nuque sert comme électrode indifférente. Au tube électrode rempli d'électrolyte, et, dans ce cas, d'une solution de chlorure de calcium à 1/400, qui est au contact de la cornée, on relie le pôle positif, étant donné que nous voulons introduire l'ion calcium qui est un cation. Remarquons que la cornée n'a pas été préalablement cocaïnisée, car sa sensibilité sert comme guide utile dans le dosage du courant.

Le courant sera donné très progressivement, car ses variations brusques, si petites soient-elles, donnent des sensations désagréables, des chocs, des secousses, des luminiscences ou phosphènes. Pendant toute la séance, la surveillance d'un aide compétent est indispensable. L'aiguille de l'ampèremètre doit rester sensiblement immobile, l'intensité voulue une fois atteinte. Cette intensité est aux environs du dixième de milliampère.

L'électrode-œillère ne doit pas se vider, et l'électrode indifférente doit rester toujours humide et bien appliquée.

On peut très bien ioniser ainsi les deux yeux simultanément, si besoin. La séance aura une durée minima de vingt minutes, il est parfois très utile de la prolonger à une

demi-heure. Dans le glaucome aigu, on peut faire des applications assez rapprochées, biquotidiennes, dans les cas chroniques, où, dans le glaucome absolu, les séances espacées de deux ou trois jours sont suffisantes. On poursuit ainsi le traitement jusqu'à concurrence de quinze ou vingt séances par série. Après vingt jours de repos, on reprend et on continue les applications jusqu'au résultat désiré. Parfois on constate des modifications remarquables après la troisième ou quatrième séance de la première série.

L'entretien du matériel, et particulièrement de l'électrode-œillère, demande des soins minutieux. Après chaque application, et surtout au cas où on change d'électrolyte, il est absolument nécessaire de nettoyer les tubes à l'eau distillée plusieurs fois de suite. On s'efforce ainsi d'éviter dans la mesure du possible les ions parasites qui, par leur pénétration plus facile, peuvent gêner ou empêcher la progression des ions médicamenteux.

Comme générateur de courant, on peut employer une pile au chlorure de zinc, ou, plus habituellement, au bisulfite de mercure. Nous n'avons jamais employé des appareils permettant d'utiliser le courant de ville.

OBSERVATIONS

Observations personnelles du docteur Cantonnet

OBSERVATION I

Glaucome secondaire à iritis.

Mme C..., bacillaire, ne voit pas de l'œil gauche.

O.D. V. : 1/10 avec — 5.

O.D.G. : Glaucome secondaire à iritis.

O.D. T. : 45.

O.G. T. : 35.

A eu une iridectomie (O.D.G.) il y a deux ans.

Ionisation au chlorure de calcium, aussitôt après :

O.D. T. : 35.

O.G. T. : 25.

L'acuité visuelle n'est pas améliorée.

OBSERVATION II

Glaucome aigu.

M. B..., 62 ans.

Le 16 décembre 1932, quinze jours après le début d'un anthrax, apparaît de la rougeur de l'O. G. avec larmoiement.

O.D. T. : 25.

O.G. T. : 45. Mydriase énorme, cercle périkératique léger, iris atrophié.

O.D. V. : 7/10 avec plus 2,50.

O.G. V. : 1/30.

Glycémie : 1 gr. 40.

Refuse l'intervention ; ionisation au chlorure de calcium ; après l'ionisation : O.G. T. : 30.

Le 22 mai 1933 :

O.G. V. : 1/10 ; T. : 35.

Ionisation au chlorure de calcium.

Cholestérolémie : 1 gr. 35 ; glycémie : 1 gr. 31.

Le 26 juillet 1933 :

O.G. T. : 25. Il évolue une cataracte, avec perte de la perception lumineuse.

Le 27 avril 1934 :

O.G. T. : 25.

Cholestérolémie : 1 gr. 48. Glycémie : 1 gr. 60.

Le 29 juillet 1935 :

O.G. T. : 25. Glycémie : 1 gr. 27.

OBSERVATION III

Glaucome subaigu sans mydriase.

Mme G..., 45 ans.

Le 20 octobre 1933 :

O.D. : Depuis quelques jours voit mal. V. : 2/10.

Glaucome subaigu sans mydriase, avec trouble cornéen. T. : 50.

O.G. V. : 1.

Ionisation au chlorure de calcium.

Le 21 octobre 1933 :

Amélioration. O.D. V. : 5/10 ; T. : 35.

Le 23 octobre 1933 :

O.D. V. : 5/10 avant ionisation, 8/10 après.

Le 25 octobre 1933 :

O.D. V. : 9/10 ; T. : 25.

OBSERVATION IV

Glaucome absolu.

M. L..., 38 ans.

Le 11 mars 1935 :

O.D. normal. V. : 1.

O.G. : Décollement de la rétine à la suite d'une chute de bicyclette, il y a quinze ans ; V. : pas de perception lumineuse, pas de chambre antérieure. T. : 70.

Après ionisation : T. : 50.

Le 6 avril 1935 :

Avant ionisation, O.D. T. : 57.

Après ionisation, O.D. T. : 28.

OBSERVATION V

Glaucome absolu.

Mlle W..., 22 ans.

Le 3 octobre 1933 :

O. D. V. : 1.

O.G. V. : pas 1/100, perception lumineuse limitée ; fond d'œil inéclairable ; mydriase ; douleur vive ; T. : 60.

Refuse l'énucléation ; ionisation au chlorure de calcium. Après ionisation : O.G. T. : 45.

On continue l'ionisation pendant longtemps, tous les quinze jours. Cessation absolue des douleurs, mais le cristallin s'opacifie.

Le 20 octobre 1935 :

Ectropion de l'uvé de l'œil gauche. O.G. T. : 35.

OBSERVATION VI

Glaucome absolu bilatéral.

Mme B..., 60 ans.

Le 12 mars 1934 :

O.D.G. : Glaucome opéré d'iridectomie. O.D. T. : 50 ; O.G. T. : 35.

Douleur ophthalmique droite. Excavation papillaire O.D. O.G. inéclairable. Voit la main de 50 cm. O.G.

Traces d'albumine dans les urines. Chlorures urinaires : 8 gr. 88. Cholestérolémie : 2 gr. 80.

Après ionisation : O.D. T. : 40 ; O.G. T. : 30.

On continue l'ionisation : cessation absolue des douleurs.

Le 23 juin 1934 :

L'état de calme persiste.

Le 12 juillet 1935 :

Pas de douleurs : O.D.G. T. : 30.

OBSERVATION VII

Glaucome absolu avec ulcère à hypopion sur le même œil.

Mme V..., 40 ans.

Le 23 novembre 1931 :

O.D. V. : 9/10 avec plus 3.

O.G. opère d'iridectomie il y a douze ans ; T. : 70 ; V. : pas de perception lumineuse, inéclairable, exfolié au centre de la cornée.

O.D. : pas d'excavation, champ nasal normal. T. : 25.

Deux réactions de B.-W. négatives.

Cholestérolémie : 2 gr. Chlorures urinaires : 4 gr. 67.

Tension artérielle : 12-8.

Elle revient le 21 juillet 1932 avec ulcère à hypopion au centre de la cornée O.G., sensibilité cornéenne conservée. O.G. T. : 70.

Cholestérolémie : 1 gr. 25.

En présence de la gravité du cas, on fait deux ionisations par jour, de vingt minutes chacune, dont dix minutes au chlorure de calcium pour détendre le globe, et dix minutes au sulfate de zinc, contre l'ulcère de la cornée.

Après ionisation : O.G. T. : 50.

Le 21 septembre 1932 :

Guerison totale de l'ulcère, bonne sensibilité cornéenne. O.G. T. : 45.

OBSERVATION VIII

Glaucome hémorragique.

M. D..., 88 ans.

Le 25 octobre 1935 :

O.D. Glaucome hémorragique ayant débuté il y a quinze jours, hypohéma. T. : 70. Douleurs vives de la tête et du front. Enucleation proposée d'urgence. Œil en divergence.

O.G. V. : 8/10 avec — 2.

O.D. T. : 50 après ionisation.

Après la première ionisation, les douleurs ont cessé pendant vingt-quatre heures, puis ont repris ; on continue les séances d'ionisation et, après la cinquième, l'œil est complètement calme.

Observations recueillies dans le Service d'Ophtalmologie
de l'Hôpital Laënnec
OBSERVATION IX

Mme M. P..., 39 ans.

Premier examen le 21 novembre 1932. O.G. ulcère cornéen il y a 22 ans. Actuellement légère sclérose du cristallin. Grande vascularisation de la papille. Tension oculaire un peu augmentée à la palpation. Pas d'excavation de la papille. Champ visuel nasal sensiblement normal. Parfois voit des arcs-en-ciel.

Le 26 avril 1933 : O.D. T. : 30 ; O.G. T. : 65 ; O. D. V. : 10/10 ; O.G. V. : perception lumineuse.

On commence une série d'ionisation au chlorure de calcium.

Le 11 mai 1933 : O.D. T. : 28 ; O.G. T. : 60 ; O.D. V. : 10/10 ; O.G. V. : perception lumineuse.

On continue les ionisations.

Le 27 juin 1933 : O.D. T. : 45 ; O.G. T. : 35. O.G. : l'acuité n'est pas améliorée. Sclérose du cristallin. Légère excavation papillaire.

OBSERVATION X

Mme P. E..., 56 ans.

Le 21 octobre 1935 : O.G. : glaucome subaigu. Gros trouble de la chambre antérieure. Compte à peine les doigts à 30 cm.

O.G. T. : 50.

O.D. : 9/10 avec — 0,50. Champ nasal normal.

O.G. : Ionisation au chlorure de calcium.

Le 25 octobre 1935 : O.G. : plus de phénomènes inflammatoires. Myosis. O.G. T. : 25. Acuité reste très faible.

Le 29 octobre 1935 : O.G. : la tension a une nouvelle tendance à augmenter. O.G. T. : 35.

Le 14 novembre 1935 : Iridectomie O.G.

Le 29 novembre 1935 : O.G. V. : Compte les doigts à 40 cm. Excavation glaucomateuse. Dépôts de pigments sur la cristalloïde antérieure.

OBSERVATION XI

M. R. H..., 33 ans.

Le 12 août 1935 : O.D. : Poussée de glaucome aigu. O.D. T. : 55 ; O.D. V. ; moins de 1/10.

Ionisation au chlorure de calcium.

Le 13 août 1935 : O.D. détendu légèrement ; T. : 45. Persiste un gros trouble de la chambre antérieure. Précipités à la face postérieure de la cornée. Mydriase.

Ionisation au chlorure de calcium.

Le 16 août 1935 : O.D. éclairci, myosis irrégulier. Tension voisine de la normale. V. : 4/10. Ionisation.

Le 23 août 1935 : O.D. : milieux superficiels éclaircis complètement. Persiste un cercle périkératique et trouble du vitré. O.D. T. : 25. On continue les ionisations.

Le 10 octobre 1935 : Guérison. O.D. T. : 20. V. : 10/10.

OBSERVATION XII

Mme R. A..., 70 ans.

Le 23 octobre 1935 : O.G. : Glaucome aigu opéré il y a deux mois. Iridectomie. O.G. T. : 60. Infiltration discoïde hématiche de la cornée. Injection périkératique.

Diabète. On prescrit de la pilocarpine.

Le 25 octobre 1935 : O.G. T. : 60 avant l'ionisation au chlorure de calcium, 50 après l'ionisation.

Après une série de six ionisations, plus de douleurs spontanées. Légère douleur à la pression du corps ciliaire.

CONCLUSIONS

I. — L'ionisation constitue un progrès important dans la thérapeutique oculaire.

A côté de la mobilisation des ions de l'organisme par le passage du courant, elle permet d'amener à une certaine profondeur différentes substances médicamenteuses, qui restent en réserve dans l'intérieur de l'organe malade et agissent lentement et d'une façon continue, par diffusion.

II. — L'ion calcium est un agent de dégonflement, il possède une action sédative, il est acidifiant, donc abaisse le pH des milieux intra-oculaires, les ramène vers leur point isoélectrique, c'est-à-dire au point qui correspond à un minimum de gonflement.

III. — L'action associée du courant et de l'ion calcium permet d'obtenir dans beaucoup de cas un dégonflement du vitré, d'où diminution de la tension oculaire, amène une sédation des douleurs, diminue la congestion, améliore l'acuité visuelle.

IV. — L'ionisation à l'ion calcium trouve ses indications dans les états hypertensifs du globe, où l'intervention chirurgicale n'est pas indiquée, ou lorsque le malade la refuse. De même, avant l'intervention, elle amène des conditions opératoires plus favorables et, comme traitement postopératoire, elle contribue très utilement au rétablissement et à la consolidation de la statique oculaire normale. Très souvent, dans le glaucome absolu, cette thérapeutique supprime rapidement toute douleur, met l'œil définitivement au repos et rend l'énucléation inutile.

V. — L'instillation de la pilocarpine, parallèlement aux séances d'ionisation, ne doit pas être négligée, ainsi que le régime déchloruré et décholestériné aide son action.

VI. — La méthode que nous avons décrite rend l'ionothérapie complètement exempte de dangers et, par la simplicité du matériel, par la facilité de son application et par ses résultats constants, elle mérite une place importante dans l'arsenal thérapeutique.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER,
Vu, le Recteur : CHARLETY. — Vu, le Doyen : ROUSSY.
Président : M. TERRIEN, Professeur
L'IONISATION DANS LE GLAUCOME
par LAKATOS LADISLAS, né le 22 avril 1910 à Pancota
(Roumanie)

BIBLIOGRAPHIE

- ABDERHALDEN. — *Physiolog. Praktikum*, 1910, p. 24.
- ABRAMOWICZ (J.). — De l'introduction dans l'œil de la sanocry-sine à l'aide de l'ionisation (recherches expérimentales). *Arch. d'opht.*, janvier 1927.
- ASTIER (A.). — Ionothérapie électrique. *Marseille méd.*, 25 avril 1931.
- BIRKHAUSER (R.). — Experimentelles und Klinisches zur ionophoretischen Behandlung von Hornhauttrübungen mit der Röhrenelektrode. *Kl. Mon. für Aug.-kunde*, LXVII, Nov.-Déc. 1921.
- BOURGUIGNON. — Dosage de l'iode introduit et éliminé dans l'ionisation. *Congrès de Physiothérapie, Radiologie et Electrologie*, Londres, juin 1922.
- Nouvelles techniques d'introduction électrolytique d'ions. La « diélectrolyse » ou « ionisation » d'iode et de calcium. *Rev. d'actino et de physioth.*, mars-avril 1929.
- La diélectrolyse. *Presse Méd.*, 3 décembre 1932.
- BOURGUIGNON, CANTONNET, JOLTROIS. — Ionisation en thérapeutique oculaire. *Presse Méd.*, 9 juin 1923.
- BRUCKER. — Contribution à l'étude des applications thérapeutiques des ions. *Thèse Paris*, 1907.
- CANTONNET. — L'ionisation en ophtalmologie. *Presse méd.*, 13 juin 1923.
- L'ionisation de l'œil. Technique, résultats. *Bruxelles méd.*, 1927, p. 406.
- L'ionisation dans le glaucome. *La Clinique opht.*, oct. 1928, p. 553.
- L'ionisation de l'œil, Paris, 1927 (Maloïne).
- L'ionisation dans les épisclérites et sclérites. *Journ. des Praticiens*, 15 nov. 1933.
- Contribution à l'étude des échanges osmotiques entre les humeurs intraoculaires et le plasma sanguin. *Thèse Paris*, 1905.
- CASTEX, DOURLHÈS. — De l'ionisation de l'œil en clientèle. *Les Journ. Méd. réunis*, 15 déc. 1932.
- CROSS. — L'ionothérapie électrique. *Presse méd.*, 24 mars 1928.
- DARIER. — Thérapeutique oculaire, p. 208.
- DELHERM et LAQUERRIÈRE. — L'ionothérapie, Paris, 1925 (Baillière).
- DOUMER. — Théorie des ions. *Annales d'électrobiologie*, mars 1907.
- ENSCH. — In *Arch. d'électricité médicale*, oct. 1903.
- ERLANGER. — Die Bedeutung der Iontophorese für die Augenheilkunde. *Med. Welt*, 25 avril 1930.
- FAVORY. — Les idées actuelles sur la pathogénie du glaucome. *La Médecine*, janvier 1932.
- FIETTA. — Traitement électrolytique en ophtalmologie. *Revue méd. Suisse-Romande*, Genève, 1922, XLII, p. 298-307.
- FOMBEURE. — Ionisation en thérapeutique ophtalmologique. *La Clinique opht.*, 11 nov. 1927, p. 603 ; *L'Œuvre méd.*, août-sept. 1927.
- FOVEAU DE COURMELLES. — L'ionisation. *La Vie médicale*, 25 septembre 1932.
- GEIS. — Ionentherapie bei Erkrankungen des Auges. *Klin. Therap. Woch.*, Berlin, 1910, XVII, p. 613-615.
- GUILLEUMA (DE). — Modèle nouveau d'ocillères porte-électrode

